Aus dem Sportmedizinischen Institut und der Sportärztlichen Poliklinik
der Hansischen Universität in Hamburg
Direktor: Professor W. Knoll

Knochenverstärkungen an der Gebrauchshand von Tennisspielern

DISSERTATION
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
der Medizinischen Fakultät
der Hansischen Universität

vorgelegt von

KURT HÖPFNER
Zahnarzt

Hamburg 1938

Berichterstatter: Professor Dr. K n o l l

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Hansischen Universität

Druck: A. Preilipper, Hamburg 11, Admiralitätstraße 16

Die Frage, ob eine über die Norm gesteigerte Tätigkeit eine Hypertrophie des Knochens hervorbringen kann, ist bisher als sehr zweifelhaft bezeichnet worden. Um nun festzustellen, ob gesteigerte funktionelle Reize einen Einfluß auf das Knochenwachstum ausüben, sind mit Hilfe von Röntgenaufnahmen die Metacarpen II bis V der Hände von Tennisspielern gemessen worden, um so durch Vergleichen der Gebrauchshand mit der anderen eventuelle Wachstumsunterschiede bzw. hypertrophische Vorgänge festzustellen.

Die Aufnahmen wurden z. T. auf internationalen Tennisturnieren in Hamburg und z. T. auf einem Turnier des Tennis- und Golfklubs in Groß-Flottbek in den Jahren 1931 bis 1937 gemacht. Von den Siemens-Reiniger-Werken wurde freundlicherweise ein Röntgenapparat zur Verfügung gestellt, so daß die Aufnahmen an Ort und Stelle gemacht werden konnten, wofür an dieser Stelle nochmals besonders gedankt sei.

Im ganzen wurden 40 Aufnahmen von Spielern beiderlei Geschlechts angefertigt, möglichst in der Art, daß beide Hände, dem Film aufliegend, zur gleichen Zeit belichtet wurden. Von den Untersuchten waren 34 männlichen und 6 weiblichen Geschlechts. Außerdem wurden zu Kontrollzwecken 9 Aufnahmen aus dem Material der sportärztlichen Universitäts-Poliklinik in Hamburg untersucht, von denen eine Anamnese über die Beanspruchung der Hände nicht vorhanden war. Es handelt sich bei den letzteren um Hände von 6 Männern und von 3 Frauen.

Die Messungen an den ossa metacarpalia II bis V wurden in der Art vorgenommen, daß die Durchmesser eines jeden Metacarpus an 6 verschiedenen Stellen in Zehntel Millimeter gemessen wurden (siehe Abb. 1).

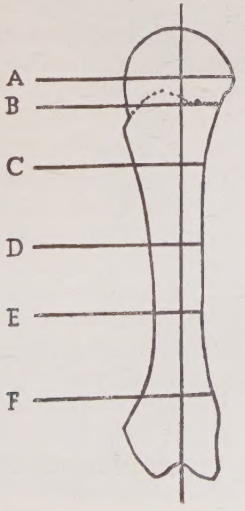

Abbildung 1

In der Längsachse der Metacarpen wurde unter Berücksichtigung markanter anatomischer Punkte die Mittellinie eingezeichnet, deren mathematische Mitte bestimmt und dann senkrecht auf dieser Mittellinie 6 weitere Geraden errichtet, von denen A, B und F nach anatomischen und C, D und E nach mathematischen Gesichtspunkten eingezeichnet wurden. A entspricht der größten im Röntgenbild sichtbaren Breite des capitulum, B wurde durch die Epiphysengrenze gelegt und F gibt den Durchmesser am proximalen Ende der radialwärts gelegenen Corticalismarkierung im Röntgenbilde an. D verläuft durch den mathematischen Mittelpunkt, C 1 cm distal und E 1 cm proximal davon. So ergeben die Messungen für jeden Metacarpus 6 Werte, d. h. für jede Hand 24. Zur besseren Veranschaulichung, ob tatsächlich eine Knochenverstärkung stattgefunden hat, sind sämtliche Werte einer jeden Hand addiert und dann die Summe der Werte der rechten von der der linken desselben Händepaares subtrahiert worden. Die entstandene Differenz wird fernerhin mit R — L (rechts minus links) bezeichnet.

Das auf diese Weise gewonnene Resultat würde demnach für den Fall, daß die errechnete Differenz ein positives Vorzeichen hat, einen hypertrophischen Vorgang an der rechten Hand, für den Fall eines negativen Vorzeichens einen gleichen an der linken Hand kennzeichnen, vorausgesetzt natürlich, daß das zahlenmäßige Ergebnis außerhalb einer normalen physiologischen Variationsbreite steht, worüber später zu sprechen sein wird. Vorweggenommen sei jedoch, daß es sich im folgenden nicht um Hypertrophien im pathologischen Sinne handelt, sondern lediglich um die Volumenzunahme des Knochens durch zusätzliches Wachstum.

Die Tatsache, daß im Laufe der Untersuchungen erhebliche Helligkeitsunterschiede zwischen den Skeletteilen der rechten und linken Hand desselben Händepaares festgestellt wurden, konnte leider nicht durch physikalische Meßmethoden zahlenmäßig erfaßt werden. Die Versuche mit einer Photozeile blieben unbefriedigend, da sowohl Bedenken in anatomischer Hinsicht als auch technische und praktische Schwierigkeiten Einhalt geboten. Besonders der Umstand, daß die Aufnahmen immer nur in Abständen, je nachdem sich eben eine Gelegenheit dazu geboten hatte, zusammengestellt werden konnten, bereitete eine unüberwindliche Schwierigkeit. Es sind verschiedene Röntgenapparate, verschiedene Röntgenfilme, verschiedene Belichtungs- und Entwicklungszeiten und verschiedene Abstände des Objektes vom Tubus des Röntgenapparates angewandt worden. Zu einem Teil sind andererseits die Aufnahmen desselben Händepaares auf zwei Filmen bzw. auf einem Film in doppeltem Arbeitsgang hergestellt worden. Abgesehen von den physikalischen Schwierigkeiten müßte zur einwandfreien Durchführung einer optischen Untersuchungsmethode zunächst ein geeignetes Filmmaterial herausgestellt werden (möglichst dünne und gleichmäßige Gelatine-Bromsilberschicht), und als wichtigstes eine aufs peinlichste genau ausbalanzierte Expositions- und Entwicklungsdauer eingehalten werden. Um die gemachten Beobachtungen aber trotzdem für die Untersuchungen mitbenutzen zu können, ist

Linke Hand.

Rechte Hand.
(Abbildung 2 — Hände des Spielers 1 M.)

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548104_0122

der optische Befund durch Vergleichen der Helligkeitsunterschiede unter Berücksichtigung der erwähnten Faktoren mit dem bloßen Auge durch willkürliches Einsetzen von Zahlen erfaßt worden. Als Höchstwert ist bei dem augenfälligsten Befund die Zahl 5 eingesetzt worden. Die so in der Tabelle angeführten Zahlen sind also lediglich ein Versuch, den subjektiven Eindruck möglichst kurz und klar auszudrücken. Die benutzten Vorzeichen geben die Hand an, zu deren Gunsten die Beobachtung ausfiel; + demnach rechts heller und — links heller. Die Zahlen zwischen 0 und 1 sollen nur demonstrieren, daß ganz geringe Helligkeitsunterschiede bemerkbar waren. Wo der Befund aus technischen Gründen nicht erhoben werden konnte, ist dies durch (—.—) gekennzeichnet.

Die Ursache für die Helligkeitsunterschiede bildet eine verstärkte Knochenapposition an der einen Hand, d. h. die daraus resultierende größere Röntgendichte. Es handelt sich hierbei nicht nur um eine rein volumenmäßige Zunahme des Knochens, sondern auch um eine Verstärkung der Spongiosabälkchen, was sich andererseits durch eine Verkleinerung der Spongiosamaschen bemerkbar macht, ebenso eine Verstärkung der Corticalis, die aber zu messen in wenigen Fällen gelang, da der Übergang der Corticalis zur Spongiosa meist sehr unscharf ist, und eine einwandfreie Begrenzung zum Innern des Knochens darum unmöglich wurde (eine große Schwierigkeit bildete auch hier wieder das Verhältnis Expositions- zu Entwicklungsdauer).

Abbildung 2 (vor Seite 5) zeigt die Mittelhandknochen der Hände des Spielers 1 M in natürlicher Größe, an denen der markanteste Befund erhoben werden konnte. Die beiden abgebildeten Photos sind in einem Arbeitsgang unter Benutzung gleicher Materialien hergestellt worden, so daß die sichtbaren Helligkeitsunterschiede die verschiedene Beschaffenheit des Skeletts der beiden Hände erkennen lassen. Ebenso kann man die Volumendifferenz zwischen beiden Händen beobachten.

Das übrige Material und die gewonnenen Unterlagen befinden sich im Besitze der Sportärztlichen Universitäts-Poliklinik in Hamburg.

Für die Untersuchung ist das vorhandene Material in 4 Gruppen eingeteilt worden. Die erste Gruppe setzt sich nur aus den Spielern zusammen, die der sogenannten internationalen Spitzenklasse angehören; in der zweiten Gruppe befinden sich alle übrigen Spieler, in der dritten Gruppe 6 Kontrollaufnahmen und in der vierten Gruppe sind alle Aufnahmen von den Spielerinnen zusammengefaßt, ebenso die 3 Kontrollaufnahmen von Frauenhänden. Die Begründung für diese Einteilung liegt darin, daß das Tennisspiel relativ schwer zu erlernen ist und vor allem das Aufrücken in die Spitzengruppe ein intensives und energisches Training mehrere Jahre hindurch erfordert, während man vermuten muß, daß bei den mittleren Spielern das Training weniger energisch durchgeführt wurde. Daß sämtliche Röntgenaufnahmen von Frauenhänden in einer Gruppe zusammengefaßt wurden, erhellt die Tatsache, daß keine erheblichen Veränderungen an ihnen festgestellt werden konnten, was sich auch mit den Beobachtungen Knolls vollkommen deckt, der bei seinen Ellenbogenuntersuchun-

gen bei 12 Tennisspielerinnen mit einer einzigen Ausnahme bei einer über 40jährigen Spielerin keine Befunde erheben konnte. Als Begründung hierfür sagt Knoll:

„Dieser auffällige Unterschied ist in erster Linie auf die dort nicht so intensive Beanspruchung zurückzuführen. Wer häufig Wettspiele sieht, wird zweifellos feststellen können, daß mit ganz wenig Ausnahmen der Kraftaufwand beim Spiel der Damen ein viel geringerer ist. Man sieht dies nicht nur an der Geschwindigkeit, mit der die Bälle gewechselt werden, man sieht es auch an der Wucht, mit der sie auffallen oder an der Flugbahn, die hier bei weitem nicht so rasant ist wie bei den Männern. Schon der Aufschlag zeigt ganz offenkundige Unterschiede. Beim männlichen Spiel ein schärfster, hoch heruntergezogener Aufschlag, der den Ball gerade über das Netz in fast gerader Linie innerhalb des Mittelfeldes landen läßt; beim weiblichen Aufschlag eine geringere Geschwindigkeit und eine geringere Annäherung der Flugbahn an die Gerade, selbst bei Spitzenspielerinnen."

Es ergibt sich daraus, daß die geleistete Arbeit beim männlichen Spiel erheblich größer ist als bei dem der Damen und damit zugleich eine stärkere funktionelle Inanspruchnahme der Muskulatur und des Skelettes des Gebrauchsarmes beim Manne einhergeht.

Die in der Tabelle 1 der Gruppe 1 zusammengefaßten Vorgeschichten und Ergebnisse der Untersuchungen bei den Spitzenspielern zeigen zunächst einen hundertprozentig zutreffenden Befund für die Gebrauchshand. So ist die Differenz R — L bei den in der Tabelle angeführten 5 Linkshändern negativ, während in sämtlichen 16 Fällen von Rechtshändern die Differenz R — L positiv geblieben ist. Bei dem Spieler 22 B, der zugleich Links- und Rechtshänder ist, ist das Ergebnis R — L = — 17, d. h. im Vergleich zu den anderen Ergebnissen und zu der Tatsache, daß das Resultat jeweils durch 48 Messungen an 8 verschiedenen Knochen zustande kommt, ist diese Untersuchung praktisch ohne Befund geblieben. Hierbei ist noch nicht einmal die Fehlergrenze in Betracht gezogen, die dadurch festgestellt wurde, daß von den Händen ein- und desselben Spielers 4 Röntgenaufnahmen angefertigt und in angegebener Weise ausgemessen wurden. Es handelt sich um den Spieler 11 D, der bereits mit 8 Jahren anfing, Tennis zu spielen, und zur Zeit der letzten Aufnahme eine Trainingsdauer von 32 Jahren aufzuweisen hatte. Eine Aufnahme datiert vom Januar 1933, zwei vom Mai 1934 und die vierte vom Mai 1937. Die Ergebnisse waren:

11 D I: Mai 1937 . . . R — L = + 162,
11 D II: Jan. 1933 . . . R — L = + 164,
11 D III: Mai 1934 . . . R — L = + 146,
11 D IV: Mai 1934 . . . R — L = + 167,

wobei die Einzelmessungen manchmal relativ stark variierten. Das allerdings ist eine Projektionsfolge, die sich jedoch bei der großen Anzahl der Messungen, wie der praktische Erfolg beweist, zahlenmäßig

ausgleicht. Bedenkt man, daß die Messungen in Zehntel Millimeter durchgeführt wurden und jede Einzelmessung laut Versuch eine Fehlerquelle bis zu $^2/_{10}$ mm aufweisen kann, so ist dieses Ergebnis zufriedenstellend und die Befürchtung einer starken Fehlerquelle in der Art der Untersuchungsmethode sehr stark in den Hintergrund getreten. Schließlich sind die durch Projektionsfolge naturgemäß vorhandenen, doch unberechenbar bleibenden Einflüsse für das Resultat unwirksam geblieben. Es sei hier deshalb erwähnt, weil bei der Auswertung der Untersuchungen diese Umstände in Betracht gezogen wurden.

Tabelle 1.

Spieler	Alter bei Trainingsbeginn	Trainingsdauer	R — L	opt. Befund	Gebrauchshand
1 M	14 Jahre	13 Jahre	+ 322	+ 5,0	R
2 W	10 „	16 „	+ 293	+ 3,5	R
3 F	10 „	20 „	+ 269	+ 3,0	R
4 D	14 „	12 „	+ 257	+ 3,0	R
5 B	12 „	11 „	+ 241	+ 2,5	R
6 W	7 „	18 „	+ 218	—.—	R
7 M	10 „	14 „	+ 198	+ 2,5	R
8 S	7 „	19 „	— 168	0,0	L
9 N	10 „	28 „	— 168	—.—	L
10 K	11 „	15 „	— 165	— 2,5	L
11 D	8 „	32 „	+ 162	+ 3,0	R
12 G	13 „	8 „	+ 155	+ 2,0	R
13 K	13 „	10 „	+ 152	+ 2,0	R
14 K	15 „	12 „	— 130	— 2,0	L
15 H	12 „	11 „	+ 126	+ 1,0	R
16 F	18 „	18 „	+ 108	—.—	R
17 P	18 „	6 „	+ 91	+ 2,0	R
18 C	14 „	15 „	+ 83	+ 0,5	R
19 K	17 „	30 „	+ 80	+ 1,0	R
20 B	15 „	4 „	+ 68	0,0	R
21 M	12 „	11 „	— 50	— 0,2	L
22 B	8 „	10 „	— 17	0,0	R u. L

Zu diesem eindeutigen Befund zugunsten der Gebrauchshand zeigt die Tabelle einen weiteren: Das Verhältnis der Differenz R — L zum Alter bei Trainingsbeginn und zur Trainingsdauer. Die gleiche Beziehung besteht zum optischen Befund. Diese Erscheinung wird deutlicher, wenn man die Durchschnittswerte von je 5 aufeinander folgenden Spielern betrachtet. Bei den ersten 5 Spielern ist das durchschnittliche Alter bei Trainingsbeginn 12 Jahre, die durchschnittliche Trainingsdauer 14,4 Jahre und das erreichte Differenzenmittel R — L = 267,4 zugunsten der Gebrauchshand. Bei den Spielern 6 bis 10 belief

sich das durchschnittliche Alter bei Tennisbeginn auf 9 Jahre, die mittlere Trainingsdauer auf 18,8 Jahre, die Durchschnittsdifferenz auf R — L = 183,4. Die Spieler 11 bis 15 waren im Durchschnitt 12,2 Jahre alt bei Beginn des Trainings und hatten eine mittlere Spieldauer von 14,6 Jahren bei einem Differenzenmittel von R — L = 145,0. Bei den Spielern 16 bis 20 war das Durchschnittsalter bei Trainingsbeginn 16,4 Jahre, die durchschnittliche Trainingsdauer 14,6 Jahre und das Differenzenmittel R — L = 86,0. Schon bei dieser Art der Zusammenfassung ergibt sich, daß bei fast gleicher Trainingsdauer die Differenz R — L um so größer wird, je niedriger das Alter bei Trainingsbeginn ist. Eine Ausnahme bilden die Spieler 1 bis 5 der Spitzenklasse. Die Erklärung der vorhandenen Abweichungen muß in der individuellen Wachstumstendenz, in der verschiedenen Energie, mit der das Training durchgeführt wurde, in dem individuell verschiedenen Kraftaufwand beim Spiel und schließlich in den Fehlerquellen, die die angewandte Untersuchungsmethode und letzten Endes jede röntgenologische Untersuchung mit sich bringt, gesucht werden.

Weitere Möglichkeiten, die Untersuchungsergebnisse der Tabelle 1 summarisch zu erfassen, sind einmal die Zusammenfassung nach der erreichten Differenz R — L und zum anderen von dem Gesichtspunkte des Alters bei Trainingsbeginn aus. Eine gleiche Betrachtung von der Trainingsdauer ausgehend würde unfruchtbar sein, da ja bereits aus dem Gesagten hervorgeht, daß bei zunehmendem Alter die Knochenverstärkungen schwächer werden.

Legt man der Betrachtungsweise die Differenz R — L zugrunde, so erreichen 6 Spieler von den 22 in Tabelle 1 angeführten Spitzenspielern, d. h. 27,3%, eine Plusdifferenz von über R — L = 200 zugunsten der Gebrauchshand, nämlich einen Durchschnitt von R — L = 266,6. Das durchschnittliche Alter bei Beginn des Tennisspielens betrug 11,1 Jahre und das erreichte Mittel der Trainingsdauer 15 Jahre.

7 Spieler, Nr. 7 bis 13, zeigten eine Plusdifferenz zugunsten der Gebrauchshand von über R — L = 150 bis R — L = 200, d. h. 31,8% mit einer Durchschnittsdifferenz von R — L = 167,0, bei einem durchschnittlichen Alter bei Trainingsbeginn von 10,3 Jahren und einem Mittel von 15 Jahren Spieldauer.

3 Spieler, das sind 13,7%, erreichten die Durchschnittswerte R — L = 121,3, also zwischen R — L = 100 bis R — L = 150. Das Mittel des Alters bei Spielbeginn war 15 Jahre und das der Spielzeit 13,6 Jahre.

Nur 4 Spieler, Nr. 17 bis 21, also 18,2%, erzielten Plusdifferenzen zwischen R — L = 50 und R — L = 100, bei einem Durchschnittsergebnis von R — L = 74,4. Das durchschnittliche Alter bei Trainingsbeginn belief sich auf 15,2 Jahre und das Trainingsmittel auf 13,2 Jahre. In dieser Gruppe befindet sich der Spieler 21 M, der Linkshänder ist. Obwohl dieser Spieler eine Plusdifferenz zugunsten der Gebrauchshand von nur R — L = — 50 erreichte, ist es doch bemerkenswert, da bei einem relativ so niedrigen Wert sich dennoch eine Verstärkung der linken Hand herausstellte und Linkshänder absolut seltener sind.

Nur ein Spieler, Nr. 22 B, erreichte die Differenz R — L = — 17.

Also ein einziges Ergebnis unter R — L = 50. Dieser Befund ist seiner niedrigen Zahl wegen besonders auffällig, aber paßt dadurch um so besser in den Rahmen der Untersuchungsergebnisse, weil der Spieler 22 B während des Tennisspielens sowohl die rechte wie die linke Hand benutzt, d. h. beide Hände durch die aktive Beanspruchung ungefähr gleich starken funktionellen Reizen aussetzt.

Auch bei dieser Art der summarischen Betrachtung zeigt sich die Beziehung der Differenz R — L zum Alter bei Trainingsbeginn und zur Trainingsdauer, mit dem natürlichen Ergebnis, daß *eine Knochenverstärkung durch die funktionellen Reize des Tennisspielens um so mehr gefördert wird, je früher eine solche gesteigerte Tätigkeit einsetzt und je länger und energischer sie ausgeübt wird.*

Von den in der Tabelle 1 angeführten Spitzenspielern ist keiner bei Trainingsbeginn über 18 Jahre alt gewesen. Abgesehen vom Spieler 22 B (Links- und Rechtshänder) sind von den restlichen 21 nur 5 Spieler bei Trainingsbeginn 15 bis 18 Jahre und 16 Spieler (das sind 76,5%) 7 bis 14 Jahre alt gewesen. Diese letzte Gruppe hat eine Durchschnittsdifferenz von R — L = 189,1 und eine Durchschnittstrainingsdauer von 15,5 Jahren erreicht, während im Gegensatz dazu die zuerst genannten R — L = 95,4 als Differenzmittelwert bei einer Trainingsdurchschnittsdauer von 14 Jahren erreichten.

In der Tabelle 2 sind die Durchschnittsspieler und damit auch evtl. Spitzennachwuchs zusammengefaßt, ebenso Gelegenheitsspieler, die wahrscheinlich nur Tennis spielen, um eine körperliche Betätigung als Ausgleich zur beruflichen Inanspruchnahme zu haben, und somit nur geringe Zeit für diesen Sport verwenden können.

Tabelle 2.

Spieler	Alter bei Trainingsbeginn	Trainingsdauer	R — L	opt. Befund	Gebrauchshand
23 G	14 Jahre	7 Jahre	— 174	—.—	L
24 A	23 „	7 „	+ 169	—.—	R
25 G	11 „	8 „	+ 139	+ 1,0	R
26 H	13 „	24 „	+ 135	—.—	R
27 F	23 „	7 „	+ 126	—.—	R
28 K	16 „	10 „	+ 107	—.—	R
29 S	11 „	14 „	+ 107	—.—	R
30 J	14 „	10 „	+ 103	+ 0,2	R
31 S	14 „	12 „	+ 95	—.—	R
32 P	21 „	7 „	+ 92	0,0	R
33 H	14 „	15 „	+ 84	0,0	R
34 A	11 „	10 „	+ 68	—.—	R

Bei allen 12 Spielern ist das Resultat eine Plusdifferenz zugunsten der Gebrauchshand, d. h. bei den 11 Rechtshändern in allen Fällen eine positive Differenz R — L und bei dem einen Linkshänder (Spieler 23 G)

entsprechend eine negative Differenz, die ja in diesem Falle ein positives Ergebnis bedeutet. Die Trainingszeiten schwanken zwischen 7 und 24 Jahren, das Alter zwischen 19 und 37 Jahren, das Alter bei Trainingsbeginn zwischen 11 und 23 Jahren und die erreichten Knochenverstärkungen zwischen R — L = 68 und R — L = 174.

Während die Befunde in Tabelle 1 einen geschlossenen und konsequenten Eindruck erwecken und deutlich die Beziehung der Knochenhypertrophie zum Alter bei Trainingsbeginn und zur Trainingsdauer zeigen, ist dies in Tabelle 2 nicht so der Fall, was — wie bereits erwähnt — zum größten Teil wohl auf die innere Einstellung der Spieler zum Tennissport und z. T. auf die geringeren Trainingsmöglichkeiten zurückgeführt werden muß. Dennoch ist hier bezeichnend, daß der Spieler 23 G, der zum Spitzennachwuchs gerechnet werden muß, die höchste Plusdifferenz erzielte. Der Spieler 24 A ist Tennistrainer und spielte bis zur Zeit der Röntgenaufnahme 7 Jahre lang fast täglich bis zu 10 Stunden Tennis; vorher war er einige Jahre an der Hochschule für Leibesübungen. Diese Umstände müssen immerhin als ausschlaggebend angesehen werden, daß Nr. 24 A die zweithöchste Differenz von R — L = 169 erzielte. Anschließend folgt bis Nr. 25 G ein Intervall von 30, welches in dieser Größe nicht wieder in Tabelle 2 auftritt, was wiederum bedeutet, daß Nr. 23 G und 24 A weitaus an der Spitze der Spieler der Gruppe 2 in bezug auf eine Knochenverstärkung an der Gebrauchshand stehen. Dazu kommt, daß alle folgenden Spieler von Nr. 25 G bis zu 34 A keine derartig markanten Angaben machen konnten und dementsprechend nur Differenzen von R — L = 135 bis R — L = 68 langsam abfallend beobachtet werden konnten. Der ganze Befund der Tabelle 2 im Gegensatz zu dem der Tabelle 1 rechtfertigt so die Trennung der Spieler in zwei Gruppen, was in vollkommener Übereinstimmung mit der Eigenart des Tennissportes steht, der ja verhältnismäßig schwer zu erlernen ist und an seine Spitzenvertreter in geistiger und körperlicher Hinsicht die allergrößten Anforderungen und Anstrengungen stellt, die dem Einzelerfolg (für jeden Tennisspieler wohl die Teilnahme an den internationalen Tennisturnieren) direkt proportional sind. Für die Untersuchung sind jedoch die individuellen Bemühungen anamnestisch nicht genau faßbar, so daß lediglich der Rückschluß auf den Einzelerfolg als ursächliches Moment für die bewirkte Knochenverstärkung in Betracht kommt, wie es die getroffene Einteilung in verschiedene Gruppen zum Ausdruck bringt.

Die Tabelle 2 erhellt demnach infolge ihrer relativ niedrigen Ergebnisse besonders den Einfluß der Durchführung des Trainings, die von der Persönlichkeit selbst abhängig ist. So erzielten die ersten 6 Spieler der zweiten Gruppe (23 G bis 28 K) eine Durchschnittsdifferenz von R — L = 141,7 bei einem Durchschnittsalter von 16,6 Jahren bei Trainingsbeginn und einer mittleren Trainingsdauer von 10,5 Jahren. Die anderen 6 Spieler (29 S bis 34 A) hatten ein Differenzmittel von R — L = 91,5, während das durchschnittliche Trainingsanfangsalter 14,2 Jahre und die Durchschnittstrainingsdauer 11,3 Jahre betrug.

Die Spieler 23 G und 24 A sind bereits durch ihre hervorstechende Anamnese angeführt worden als diejenigen, die allein in dieser Gruppe

eine Plusdifferenz von über R — L = 150 erzielten. Eine Plusdifferenz zwischen R — L = 100 und R — L = 150 erzielten 6 Spieler (25 G bis 30 J) bei einem Mittel von R — L = 119,5, einem durchschnittlichen Alter bei Beginn des Tennisspielens von 14,7 Jahren und einer mittleren Trainingsdauer von 12,2 Jahren. 4 Spieler bleiben unter R — L = 100, jedoch auch über R — L = 50; sie erreichten ein Differenzmittel von R — L = 84,7, bei einem Durchschnittsalter von 15 Jahren bei Trainingsbeginn und einer durchschnittlichen Spieldauer vom Beginn des Tennisspielens bis zur Zeit der Röntgenaufnahme von 7,3 Jahren. Es bleibt in dieser zweiten Gruppe das Alter bei Trainingsbeginn praktisch immer auf der gleichen Höhe und damit auch wesentlich über dem Durchschnitt der ersten 15 Spieler (das sind 66%) der ersten Gruppe. Von geringem Einfluß zeigt sich hier bei dieser Betrachtung allerdings die Spieldauer.

Nur 4 Spieler dieser Gruppe begannen unter 14 Jahren (durchschnittlich mit 11,5 Jahren) mit dem Tennisspiel. Sie erreichten bei einer mittleren Spieldauer von 14,0 Jahren eine durchschnittliche Plusdifferenz von R — L = 112,2. Bei den restlichen 8 Spielern der zweiten Gruppe lag das Alter bei Trainingsbeginn zwischen 14 und 23 Jahren (Mittel: 17,4 Jahre); sie erzielten bei einer mittleren Trainingsdauer von 9,4 Jahren eine Durchschnittsplusdifferenz von R — L = 118,75.

Bei den 9 Kontrollaufnahmen handelt es sich um Aufnahmen, die dem Material der Sportärztlichen Universitätsklinik in Hamburg willkürlich entnommen wurden und zu denen eine Anamnese nicht vorhanden war. Es muß demnach eine normale Betätigung und Benutzung der Hände vorausgesetzt werden, was um so wahrscheinlicher erscheint, als die Resultate sämtlich unter R — L = 100 bleiben. Von den Untersuchten sind 6 männlichen und 3 weiblichen Geschlechts. Die letzteren sind mit in Tabelle 4 angeführt aus Gründen, die dann noch Erwähnung finden. Die Befunde der Untersuchungen der 6 Hände männlichen Geschlechts ergaben sämtlich eine positive Differenz zugunsten der rechten Hand, jedoch bleibt die Differenz gegenüber der Tennishand klein. Ebenso fehlt der optische Befund.

Tabelle 3.

A	R — L = + 88;	opt.	Befund:	—.—
B	R — L = + 81;	„	„	0,5
C	R — L = + 71;	„	„	—.—
D	R — L = + 71;	„	„	0
E	R — L = + 24;	„	„	—.—
F	R — L = + 8;	„	„	0

Die bei den Kontrollaufnahmen erreichte Durchschnittsdifferenz zugunsten der rechten Hand betrug R — L = 57,1. Hierbei muß vorausgesetzt werden, daß als Gebrauchshand in allen Fällen die rechte angenommen werden muß, was ja wahrscheinlich erscheint, da die rechte Hand ungleich häufiger als die linke als Gebrauchshand angetroffen wird und positive Vorzeichen in allen Fällen erzielt wurden.

Die bei diesen Untersuchungen stillschweigend vorausgesetzte Betätigung muß im Rahmen der von jedem Menschen täglich auszuübenden Funktionen gedacht werden. Daher müssen auch die Ergebnisse sich noch in physiologischer Variationsbreite befinden, obwohl die Betätigung des Menschen im Vergleiche zu anderen Lebewesen vornehmlich mit einer Hand geschieht als Folge der durch die Kultur und Zivilisation geprägten „Gebrauchshand". Auf der anderen Seite ist es ebenfalls unserer Kultur und Zivilisation zuzuschreiben, daß eine genügende Betätigung fehlt und damit der Wachstumsreiz für den ganzen Körper verringert wird. So hat *Carlier* (lege *Külbs:* Leibesübungen und Herz) auf der Militärschule zu Montreuil derartige Untersuchungen gemacht und festgestellt, daß die Knaben von 14 bis 17 Jahren, die bereits einige Jahre in der Militärschule waren, größer und kräftiger waren als diejenigen, die in gleicher Jahresklasse neu aufgenommen wurden. Setzt man nun im Vergleich zu dem eben Gesagten und zur Tabelle 3 einen Wert von R — L = 100 entsprechend der Art der hier gemachten Untersuchung als obere Grenze der normalen Variation in bezug auf Knochenverstärkungen an den Metacarpalien II bis V ein, so ergibt sich als weitere Folge, daß das Tennisspiel eine über die Norm gesteigerte Tätigkeit für die Gebrauchshand darstellt, und damit einen gesteigerten funktionellen Reiz für das Knochenwachstum bedeutet, da ja, wie Tabelle 1 beweist, die Knochenverstärkungen an den Händen von Tennisspielern bis zum Dreifachen der eben festgesetzten oberen Grenze der Norm betrugen.

In der vierten Untersuchungsreihe (zu Tabelle 4) fällt am stärksten die niedrige Differenz R — L auf. Es wurde schon darauf hingewiesen, daß diese Erscheinung z. T. der geringeren Beanspruchung der Gebrauchshand bei Tennisspielerinnen zuzuschreiben ist, die sich in der ganzen Spielweise durch den verminderten Kraftaufwand bemerkbar macht.

Tabelle 4.

Spielerin	Alter bei Trainingsbeginn	Trainingsdauer	R — L	opt. Befund	Gebrauchshand
35 FS	10 Jahre	10 Jahre	+ 2	0	R
36 FT	11 „	9 „	+ 80	+ 0,2	R
37 FD	20 „	17 „	+ 55	+ 0,5	R
38 FM	14 „	15 „	+ 41	0	R
39 FM	13 „	11 „	+ 34	0	R
40 FB	16 „	18 „	+ 18	0	R

Kontrollaufnahmen.

GF	R — L = — 8;	opt. Befund:	+ 0,1
HF	R — L = + 40:	„ „	0
KF	R — L = + 1:	„ „	0

Diese Tatsache kann aber insofern nicht stark überraschen, als ein starker Kraftaufwand der Eigenart der Frau nicht entspricht, da Bewegung und Kraft zusammen nur beim Manne als harmonisch empfunden werden. Dieser Unterschied, der der männlichen und weiblichen Gesamtstruktur zugrunde liegt, dürfte ein wesentlicher Faktor für die körperliche Entwicklungstendenz der beiden Geschlechter und demzufolge auch hier bei dieser Betrachtung zu beachten sein.

Zieht man bei diesen letzten Untersuchungen die Art der Untersuchungsmethoden (48 Messungen in Zehntel Millimeter), die Schwierigkeiten röntgenologischer Untersuchungen an sich (Projektionsfolgen usw.) und die unbedingte Möglichkeit anatomischer Variationen in Betracht, so ist hier der Einfluß des Tennisspieles als gesteigerter funktioneller Reiz wohl zu bezweifeln. Die größte Plusdifferenz von R — L = + 80 bei der Spielerin 36 FT ist allerdings etwas günstiger zu bewerten, da es sich um eine Frau händelt, die in ihrem ganzen Äußeren einen etwas derberen Habitus zur Schau trägt, außerdem das Alter bei Trainingsbeginn und die Dauer der bisherigen Spielzeit weitere begünstigende Momente darstellen, so daß eine geringe Knochenverstärkung an der Gebrauchshand vielleicht angenommen werden kann. Demgegenüber steht das Ergebnis bei der Spielerin 35 FS, die eine der besten internationalen Spitzenspielerinnen ist und nur eine Differenz von R — L = + 2 erzielte, d. h. keine Wachstumsunterschiede festgestellt werden konnten, obwohl hier das Alter bei Beginn des Tennissportes, die Trainingsdauer und auch vermutlich die individuelle Einstellung in bezug auf die Durchführung des Trainings weitaus am günstigsten liegen. Auf jeden Fall steht der geringe Einfluß des Tennissportes auf das Wachstum des Knochens der Gebrauchshand bei Frauen fest, bzw. auf der anderen Seite eine geringe Wachstumsbereitschaft des Skelettes der Frau infolge ihrer seelisch-körperlichen Struktur.

Dem entspricht auch ganz das Gesamtbild der Tabelle 4. Von den 6 angeführten Spielerinnen wurden 5 Plusdifferenzen und eine Minusdifferenz (Nr. 40 FB) erzielt, wobei die letztere infolge des niedrigen Resultates von R — L = + 18 zugunsten der nichtgebrauchten Hand praktisch ohne Bedeutung bleibt. Von den 5 Spielerinnen, die rein zahlenmäßig eine Plusdifferenz zugunsten der Gebrauchshand erreichten, ist die Durchschnittsdifferenz R — L = 43,4, bei einer mittleren Trainingsdauer von 12,4 Jahren und einem durchschnittlichen Alter bei Trainingsbeginn von 15,6 Jahren. Damit bleibt die resultierende Durchschnittsdifferenz bei den Tennisspielerinnen um ein Viertel unter der der männlichen Kontrollaufnahmen. Die drei Kontrollaufnahmen der Hände von Frauen bleiben wiederum in ihren Einzelresultaten unter dem Differenzenmittel der Spielerinnen.

ZUSAMMENFASSUNG.

Das ganze Material läßt erkennen, daß zunächst — abgesehen von einer speziell starken Beanspruchung — an der Gebrauchshand Knochenverstärkungen stattgefunden haben. So ist bei Linkshändern eine Volumenzunahme der linken Hand und bei Rechtshändern eine der rechten Hand beobachtet worden, mit einer einzigen Ausnahme bei der Spielerin 40 FB, wo rein mathematisch sich eine Minusdifferenz herausstellte, die wiederum zahlenmäßig so gering war, daß sie praktisch nur einen hypertrophischen Vorgang negierte. Die stattgefundenen Knochenverstärkungen sind aber nicht als pathologisch zu bewerten, sondern als Verstärkungen des Skelettes in qualitativem und quantitativem Sinne in noch normalen Grenzen.

Der funktionelle Reiz des Tennissportes auf das Knochenwachstum ergibt sich aus der Tatsache, daß die größten Knochenverstärkungen bei weitem an den Händen von internationalen Spitzenspielern gefunden wurden; das bedeutet, daß eine über die Norm gesteigerte Tätigkeit, wie sie der Tennissport einseitig für die Gebrauchshand darstellt, eine Hypertrophie des Knochens bewirken kann. In inniger Beziehung zum Ausmaße der Verstärkung steht das Alter bei Trainingsbeginn und die Trainingsdauer, denn die Volumendifferenz zwischen der Gebrauchshand und der anderen ist um so größer, je niedriger das Anfangsalter und je länger die Trainingsdauer, wobei der Einfluß der letzteren von einem gewissen Zeitpunkt ab umgekehrt proportional ihrer Länge nachläßt.

Die beobachteten Knochenverstärkungen fanden ausschließlich am männlichen Skelett statt, während bei Frauen keine erheblichen Veränderungen gefunden wurden.

LITERATUR.

Schinz: Lehrbuch der Röntgendiagnostik mit besonderer Berücksichtigung der Chirurgie.

Köhler: Grenzen des Normalen und Pathologischen im Röntgenbilde.

Spalteholz: Anatomie des Menschen.

v. Giercke: Allgemeine Pathologie.

Aschoff: Pathologische Anatomie.

Höber: Physiologie des Menschen.

Jores: Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß mechanischen Druckes auf den Knochen (Zieglers Beiträge, 1920, S. 433).

Kirschner und *Schubert:* Wachstumsunterschiede und atrophische Vorgänge am Skelett (Deutsche Zeitschr. f. Chir. 1921, Bd. 161).

Rabl: Experimentelle Untersuchungen über Druckwirkungen auf den Knochen (Arch. f. klin. Chir., Bd. CXLV, S. 515).

Roux: Anpassung, Histomechanik, Histochemie (Virch. Arch. 1912, Bd. 209, S. 168).

Külbs: Leibesübungen und Herz (aus: Leibesübungen und Gesundheitspflege. Eine Aufsatzreihe).

Knoll: Ellenbogenbefunde bei hervorragenden Tennisspielern.

— Aufgaben des Arztes beim Frauensport (aus: Leibesübungen und Gesundheitspflege. Eine Aufsatzreihe).

— Fortschritte der Sportmedizin (Klin. Fortbildung, Neue deutsche Klinik, 5. Ergzbd., 1937).

LEBENSLAUF.

Am 5. Oktober 1913 wurde ich als Sohn des Handelsschullehrers Franz Höpfner in Berlin-Neukölln geboren. Nach dreijährigem Besuch der Vorschule des Schwarza-Gymnasiums in Neukölln kam ich in die Sexta der Hans-Richert-Schule in Berlin-Lichterfelde, wo ich Ostern 1932 die Reifeprüfung bestand. Anschließend studierte ich in Kiel, wo ich im Juli 1934 die zahnärztliche Vorprüfung ablegte. Meine sämtlichen klinischen Semester absolvierte ich in Hamburg. Das Sommerhalbjahr 1935 verbrachte ich im Arbeitsdank-Ausgleichsdienst. Im Frühjahr 1937 bestand ich das zahnärztliche Staatsexamen in Hamburg. Seit Mai 1937 bin ich bereits in meinem Beruf tätig.

Kurt Höpfner.